

# PERFORMANCE ENHANCEMENT OF DIELECTRIC RESONATOR ANTENNA BY EBG STRUCTURE

**Radek Slavíček**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xslavi21@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jaroslav Láčik

E-mail: lacik@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The paper deals with a linearly polarized dielectric resonator antenna (DRA) operating in the basic mode  $TE_{\delta 11}^y$  at  $f_0 = 10$  GHz surrounded by an electromagnetic band gap structure (EBG). A dielectric resonator antenna, an EBG structure were designed and method of integration of both components was developed. The simulated results show a significant improvement of the radiation pattern in the E-plane (narrower main beam, lower level of side lobes, higher directivity) in comparison to a conventional DRA.

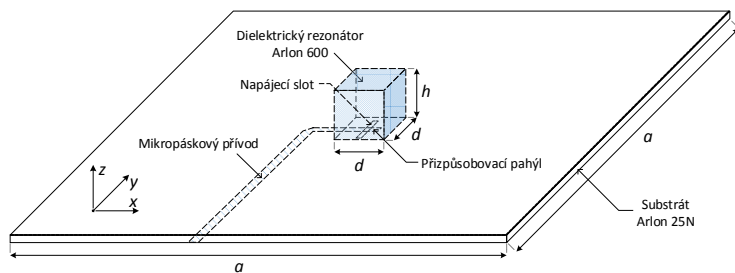
**Keywords:** Dielectric resonator antennas (DRA), electromagnetic band gap (EBG), directive antennas

## 1 ÚVOD

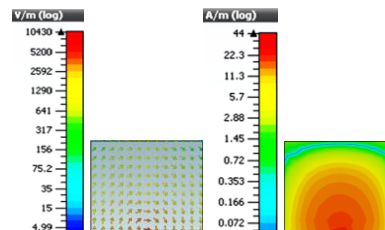
V poslední době jsou na vzestupu komunikační systémy a bezdrátové aplikace využívající pásma milimetrových vln - *Millimeter-Wave Band* (MMW). Vznikají tak požadavky na komerčně dostupné kompaktní antény pro vysokofrekvenční systémy. Právě na vysokých frekvencích konvenčních (kovových) antén ovšem vzrůstají ztráty vlivem konečné vodivosti kovů, a jejich účinnost tak s rostoucím kmitočtem klesá. Proto se v posledních letech zvýšila pozornost o dielektrické rezonátorové antény – *Dielectric Resonator Antennas* (DRA) a to díky velmi malé ztrátě vlivem konečné vodivosti, různým metodám buzení, vysoké účinnosti záření, možnosti dosáhnout velké impedanční šířky pásma a v neposlední řadě jejich ceny. Bohužel vlivem povrchových vln dochází na hranách substrátu k difrakci a následné interferenci s přímou vlnou dielektrického rezonátoru (DR) a to především v E-rovině. Snižuje se tak energie vyzařovaná v kolmém směru k zemní desce a vzniku nežádoucích postranních laloků. Možnou metodou, jak zabránit postupování povrchových vln, je využití periodicky se opakující elektromagnetické zádržné struktury – *Electromagnetic Band Gap* (EBG). Tento přístup je popsán v [1].

## 2 NÁVRH DIELETRICKÉ REZONÁTOROVÉ ANTÉNY

Pro anténu byl navržen rezonátor pracující v základním módu  $TE_{\delta 11}^y$ . Pro koncept antény byl použit DR kvádrového tvaru z materiálu Arlon 600 ( $\epsilon_r = 6,15$ ;  $\tan \delta = 0,003$ ) umístěný na pokoveném substrátu Arlon 25N ( $\epsilon_r = 3,38$ ;  $\tan \delta = 0,0025$ ;  $t_s = 0,762$  mm). Rezonanční frekvence  $f_0$  DR závisí jak na jeho tvaru, tak na relativní permitivitě materiálu. Počáteční návrh rozměrů DR lze získat analytickými vztahy [1]. Napájení je řešeno štěrbinou s mikropáskovým přívodem a přizpůsobovacím pahýlem. Vyladění antény na stanovenou  $f_0 = 10$  GHz docílíme rozměry napájecí štěrbiny  $l_s = 7$  mm,  $w_s = 1$  mm a pahýlu  $s = 5,2$  mm. Geometrie DR byla vyladěna na  $h = 6,1$  mm,  $d = 7,6$  mm. Velikost zemnicí plochy  $a = 147$  mm, odpovídá konstruktivní interferenci přímé a difrakční povrchové vlně, díky čemuž získáme maximální zisk v kolmém směru k zemnicí rovině. Návrh antény je na obr.1 Rozložení pole v řezu  $zx$  DR zobrazuje obr. 2.



**Obrázek 1:** Konfigurace DRA na zemní rovině

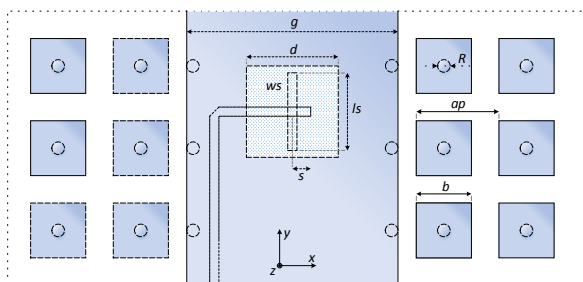


**Obrázek 2:** Rozložení elektrického pole  $E$  a magnetického pole  $H_y$  v řezu E-roviny ( $zx$ )

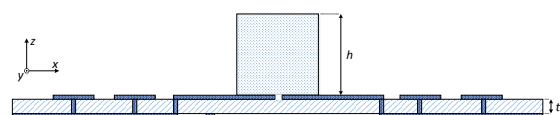
### 3 NÁVRH DIELETRKICKÉ REZONÁTOROVÉ ANTÉNY S EBG

Struktura EBG se skládá z dielektrického substrátu a pravidelně se opakujících vodivých vzorů. Její vlastností je frekvenční selektivita zádržného pásma, kterou popisuje dispersní diagram. Rozměry struktury byly vyladěny na  $a_p = 5.73$  mm,  $b = 4.75$  mm a  $R = 1$  mm. K návrhu lze vycházet z [2].

Vliv povrchových vln je daleko významnější v E-rovině (rovina  $zx$ ), proto byla struktura maticově rozmístěna v této rovině v počtu  $7 \times 13$  buněk ( $x \times y$ ) v každé polorovině. Aby bylo možné integrovat EBG strukturu a DRA napájenou štěrbinou s mikropáskovým přívodem, bylo potřeba vyřešit propojení zemnicí plochy EBG a DR, a to tak, aby nebyl ovlivněn přívodní mikropásek. Byl tedy navržen pás zemnicí plochy z vrchní strany desky o šířce  $g = 40$  mm, a ten vodivě spojen s dvěma zeměmi na spodní straně desky. Přívodní pásek musel být ohnut a skosen kvůli eliminaci odrazů. Parametr  $g$  byl zvolen jako kompromis mezi úrovněmi hlavního vyzařovacího svazku a postranních laloků. Maximální zisk antény a úroveň postranních laloků se zvyšují s rostoucím  $g$  od 30 do 45 mm. Téměř úplné potlačení postranních laloků docílíme šířkou vodivého pásu  $g = \lambda_0$ . Pro maximální zisk volíme  $g = 1.5\lambda_0$ . Ostatní rozměry byly ponechány tak, jak jsou uvedeny v předchozí kapitole. Způsob, jakým byly obě komponenty integrovány na jednu zemnicí plochu, je zřejmý z obr. 3 a 4.



**Obrázek 3:** Návrh detailu napájení DRA

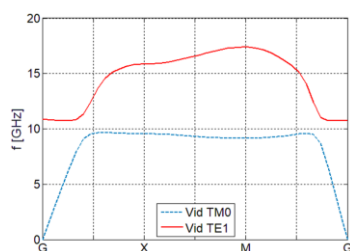


**Obrázek 4:** Detail integrace DRA s EBG v řezu  $zx$

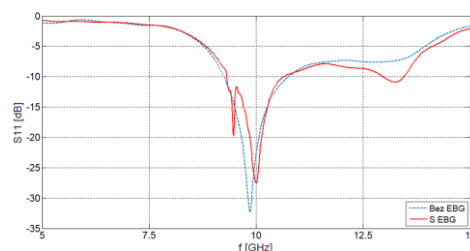
### 4 VÝSLEDKY

Modelováním jedné buňky EBG struktury s periodickými okrajovými podmínkami byl získán disperzní diagram zobrazený na obr. 5. Zjištěné zádržné pásmo hříbkové struktury je 9,7–10,8 GHz. Velký vliv na šířku pásma má rozměr flíčku  $b$  a průměr prokovu  $R$ .

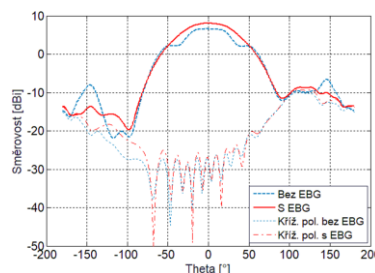
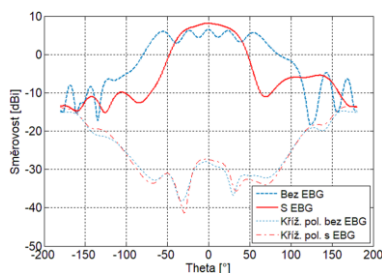
Výsledky modelování obou antén jsou uvedeny na obr. 6 a 7. Z obrázků je patrné, že anténa s EBG strukturou má podstatně užší hlavní lalok v rovině E, nižší úroveň postranních laloků a větší směrovost ve srovnání s konvenční DRA. Vliv EBG struktury na vyzařování antény v rovině H a na činitele odrazu na vstupu antény je zanedbatelný.



**Obrázek 5:** Disperzní diagram buňky EBG



**Obrázek 6:** Porovnání modul činitele odrazu  $S_{11}$  konvenční DRA bez a s EBG



**Obrázek 7:** Porovnání dosažených výsledků vyzařovací charakteristiky pro  $f_0 = 10$  GHz v rovině E - zx (vlevo) a rovině H - zy (vpravo) konvenční DRA bez EBG a navržené DRA s integrovanou EBG strukturou

## 5 ZÁVĚR

Práce popisuje metodu zvyšující směrovost a zisk DRA. Byl navržen způsob integrace DRA a EBG struktury. Z dosažených výsledků je zřejmé, že využití EBG struktury v oblasti lineárně polarizovaných dielektrických rezonátorových antén je velmi perspektivní, protože dochází k dramatickému zlepšení vyzařovací charakteristiky v rovině E antény (zúžení svazku  $\theta_{3E} = \pm 36^\circ$ , potlačení postranních laloků antény a zvětšení směrovosti  $D = 8,1$  dBi oproti směrovosti konvenční DRA  $D = 6,5$  dBi). Navržené antény budou vyrobeny a experimentálně ověřeny. Výsledky měření budou prezentovány na studentské konferenci. V další práci bude zkoumán vliv EBG struktury na DRA pracující s vyššími módy, kde se opět očekává omezení postranních laloků a navýšení zisku v hlavním vyzařovacím svazku.

## PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl díky podpoře projektu LO1401 (INWITE) Ministerstva školství a projektu č. FEKT-S-17-4713 Interní grantové agentury Vysokého učení technického v Brně.

## REFERENCE

- [1] AL-HASAN, Mu'ath J., Tayeb A. DENIDNI a Abdel Razik SEBAK. Millimeter-Wave EBG-Based Aperture-Coupled Dielectric Resonator Antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* [online]. 2013, 61(8), 4354-4357 [cit. 2018-03-29]. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6515326/>
- [2] LEUNG, K.W., LONG, S.A., Overview of the Dielectric Resonator Antenna, Dielectric Resonator Antennas, edited by Kwai-Man, L. and Kwok-Wa, L., Chapter 1, Library on Congress Cataloguing-in-Publication, 2003.
- [3] SIEVENPIPER, D., LIJUN ZHANG, R.F.J. BROAS, N.G. ALEXOPOLOUS, YABLONOVITCH, E. *High-impedance electromagnetic surfaces with a forbidden frequency band*, in IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 47, no. 11, pp. 2059-2074, Nov 1999.